

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭63-174002

⑪ Int.Cl.<sup>4</sup>

G 02 B 6/12

識別記号

庁内整理番号

F-8507-2H

H-8507-2H

⑬ 公開 昭和63年(1988)7月18日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 光集積回路

⑮ 特 願 昭62-4935

⑯ 出 願 昭62(1987)1月14日

⑰ 発 明 者 大 島 茂 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝総合研究所内

⑱ 発 明 者 藤 間 晴 美 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝総合研究所内

⑲ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

⑳ 代 理 人 弁理士 則近 憲佑 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

光集積回路

## 2. 特許請求の範囲

(1) 2つ以上の3次元光導波路の一部が互いに接近しており、該接近部分の少なくとも一部にグレーティングを設けた光回路に於いて、前記グレーティングを有する光導波路部分若しくはその近傍の屈折率を変化せしめる手段を有することを特徴とする光集積回路。

(2) 屈折率を変化せしめる手段として、電気光学効果を用いることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光集積回路。

(3) 屈折率を変化せしめる手段として、熱光学効果を用いることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光集積回路。

(4) 特許請求の範囲第1項記載の光導波路の少なくともグレーティング近傍部分は量子井戸構造の半導体で形成し、電気光学効果により屈折率を変化せしめることを特徴とする特許請求の範囲第

## 1 項記載の光集積回路。

(5) 特許請求の範囲第1項記載の光導波路の少なくともグレーティング近傍部分は半導体で形成し、該光導波路に電流を注入することにより屈折率を変化せしめることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光集積回路。

(6) 特許請求の範囲第1項記載の屈折率を変化せしめる手段として、非線形光学効果を用いることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光集積回路。

## 3. 発明の詳細な説明

(発明の目的)

(産業上の利用分野)

本発明は、例えば光通信システムに利用できる光集積回路に関する。

(従来の技術)

光通信システムや光による計測システムなどでは光の波長が可変できるフィルタや波長切替スイッチなどが使われる。特に光のコヒーレント通信や光交換機などではこのような光デバイスが重要

である。ところで、従来の波長可変フィルタは例えば図6に示すように、回折格子を回転させるものなどが知られている。この波長可変フィルタの動作は次のようである。光ファイバ(51)から出射した光は光学レンズ(52)によりほぼ平行光に変換し、回折格子(53)に入射する。そして、特定の波長の光 $\lambda_1$ が回折格子から特定の角度で回折し、レンズ(52)を通し、光ファイバ(54)に入射する。この特定の波長 $\lambda_1$ は回折格子への入射角や出射角の関数であるから、回折格子の角度 $\theta$ や光ファイバ(51)(54)の間隔を変えることにより変化できる。

ところで、従来のこのような波長可変フィルタは回折格子や光ファイバを動かす機械部分を有しており、応答速度が遅く、信頼性に欠けるなどの欠点を有していた。また、各光学要素であるレンズ、回折格子などは数 $\mu\text{m}$ ～数 $\text{cm}$ 程度の大きさであり、光学系全体だけで数 $\text{cm}$ ～数十 $\text{cm}$ にも及び、大形で、高価であった。さらに、このような大形の光部品を用いているため、温度変動などに対する

安定性に欠ける欠点も有している。

波長切替スイッチは、第7図に示すように、光分波器とスイッチの機能を備えたものである。光ファイバ(55)から出射した波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の光はレンズ(56)で平行光に出射し、プリズム(59)のフィルタ(57)に入射する。フィルタ(57)は波長 $\lambda_1$ の光は透過し、 $\lambda_2$ の光を反射するものとするれば、光ファイバ(61)には $\lambda_1$ の光が、また光ファイバ(63)には $\lambda_2$ の光がそれぞれ入射する。プリズム内のフィルタ(58)は $\lambda_1$ の光が透過し、 $\lambda_2$ の光を反射するものとする。プリズム(58)を上方に移動し、フィルタ(58)に光が入射するようにすれば、光ファイバ(61)に $\lambda_2$ 、光ファイバ(62)に $\lambda_1$ の光がそれぞれ入射する。このようにプリズム(58)を移動させることにより、波長の切替えを行なうのが従来の波長切替スイッチである。この波長切替スイッチも先の波長可変フィルタと同様な問題点を有している。

(発明が解決しようとする問題点)

以上述べたように従来の波長可変フィルタや波

長切替スイッチは機械部分を有しているため応答速度が遅く、信頼性に欠け、大きな個別光学要素を調整して設置するため大形、高価、安定性に欠けるなどの問題点を有していた。

本発明の目的はこれらの問題点を解決し、応答速度が速く、高信頼、小形、低価格、高安定な光集積回路を提供するものである。

〔発明の構成〕

(問題点を解決するための手段)

本発明は2つの3次元光導波路の一部を接近して配置し、この接近部分に屈折率が変動しているグレーティングを設け、この光導波路部分もしくはその近傍の屈折率を変化せしめる手段を有し、その屈折率を変化させることにより波長可変フィルタあるいは波長切替スイッチを実現するものである。

(作用)

2つの3次元光導波路部分(1)、(2)の等価屈折率をそれぞれ $n_1$ 、 $n_2$ とし、グレーティング(3)のピッチを $p$ として、第5図に示す構造物を考察する。

ポート(1-1)に光を入射したとすると、 $\lambda = (n_1 + n_2) p$  を満足する波長の光はポート(2-1)から、 $\lambda = (n_1 - n_2) p$  を満足する波長の光はポート(2-2)から、また $\lambda = 2 n_1 p$ の光はポート(1-1)から、それ以外の波長の光は、ポート(1-2)からそれぞれ出射される。そこで、グレーティング近傍の光導波路のコアもしくはクラッドの屈折率をかえて、光導波路の等価屈折率 $n_1$ および $n_2$ を変化させ、分波する波長 $\lambda$ を可変する。このようにして、この光集積回路は波長可変フィルタ、波長切替スイッチ、あるいは通常のスイッチの機能を得ることができる。

(実施例)

以下図面を用いて本発明の実施例を詳細に説明する。

第1図は本発明による一実施例を示す。基板(4)上に光導波路(1)、(2)を形成し、光導波路間に導波路のクラッド層より屈折率が高い物質でグレーティング(3)を形成する。さらにパッファ層として、(5)を形成した上に電極(6-1)、(6-2)を設け

る。この実施例では光導波路の等価屈折率を変化させるために、電気光学効果を用いた例である。基板(4)としてLiNbO<sub>3</sub>を用いた場合、光導波路としてTi拡散導波路を用いればよい。より大きな電気光学効果を必要とするなら、光導波路もしくはその近傍を量子井戸構造の半導体とすればよい。例えば、基板をInPとし、導波路をGaInAsPの量子井戸構造にすれば、 $3 \times 10^4 \text{ V/cm}$ 程度の電界印加で $\Delta n/n = -1\%$ の屈折率変化が得られる。これはLiNbO<sub>3</sub>の10倍ほどの屈折率差である。バッファ層(5)は電極(6-2)によって光損失を受けないようにするためと、光導波路を埋込み構造にすることにより偏波依存性を低減する効果がある。バッファ層はSiO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>等の材料を数ナノメートル〜数μm付ければよいが、特に後者の効果を期待する場合はクラッド層とほぼ屈折率が等しい材料が良い。電極(6-1)、(6-2)光導波路、グレーティング、電極は通常のリソグラフ技術を用いて形成できる。電気光学効果を用いた実施例では、消費電力が少ない利点がある。

本発明による光集積回路はコヒーレント通信のフィルタや、光スイッチ、波長分割形の光交換器等広く応用することが可能である。

本発明の別の実施例について説明する。第3図は光導波路(1)、(2)の等価屈折率を変化させるため熱光学効果を利用したものである。コの字形電極(16)に電流を流すことにより、発熱して屈折率を変えることができる。電極(16)は電気抵抗の高いニクロム膜、Ti膜等が良い。また電極を分割して、それぞれの導波路の等価屈折率を独立に制御しても良い。また、熱光学効果はガラスをはじめとし、ほとんどすべての材料に適用できるので、基板材料は何でもよく、通常の光ファイバを導波路として用いても良い。また、熱光学効果を用いた実施例では、偏波依存性が他に比べて小さい効果がある。第4図は屈折率を変化させるために半導体のキャリア注入効果を利用したものである。基板(4)には例えばInPを用い、光導波路(1)、(2)はInGaAsPとし、光導波路の上にクラッド層(25)キャップ層(26)、電極(27)を設ける。電流は導波路の必要部

この光集積回路の主な使い方は第2図に示す。(a)はポート(1-1)に $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の $n$ 波の光を入射させ、その中で任意の波長 $\lambda_m$ を電極に加える電圧により選り出し、ポート(2-1)に出力させるフィルタである。(b)はポート(1-1)に $\lambda_1$ の光を入射させ、例えば電極に電圧を加えない時は $\lambda_1$ の光がポート(1-2)に出力し、所定の電圧を加えるとポート(2-1)に出力する光スイッチである。(c)はポート(1-1)に $\lambda_1$ と $\lambda_2$ の光を入射し、電極の電圧がある状態では $\lambda_1$ がポート(2-1)、 $\lambda_2$ がポート(1-2)から出力され、また電圧が別の状態では $\lambda_1$ がポート(1-2)、 $\lambda_2$ がポート(2-1)から出力される。また、(d)は $\lambda_1$ をポート(1-1)に、 $\lambda_2$ をポート(2-2)に入射し、電極の電圧が第1の状態ではポート(2-1)から $\lambda_2$ がまたポート(1-2)から $\lambda_1$ が出力される。電圧を第2の状態にすると、ポート(2-1)から $\lambda_1$ と $\lambda_2$ が出力され、さらに電圧を第3の状態にするとポート(1-2)から $\lambda_1$ と $\lambda_2$ が出力される。このように、

分に集中するよう、基板(4)とクラッド層(25)の一部にZn拡散による電流狭束を形成しておくとなお良い。基板(4)にも電極(28)を設け、電極(27)と(28)の間で電流を流すことにより、 $10^{-2}$ 程度の屈折率変化が生じる。

屈折率の変化を起こすのに、非線形光学効果や磁気光学効果等を利用することもできる。いずれにしても導波路の等価屈折率を可変できれば良く、そのためには、導波路、もしくは導波路近傍のクラッドの屈折率を種々の光学効果により変化させれば良い。

また、以上の実施例では $2 \times 2$ の基本的なものであったが、 $3 \times 3$ 、 $4 \times 4$ 等にも同様に拡張でき、しかも、同一基板に複数個の素子を集積すれば、小形な光交換器が実現できる。

(発明の効果)

本発明による光集積回路は小形で低価格、偏波依存性が少ない波長フィルタ、光スイッチ、波長交換スイッチなどに使用でき、機械部分がないため、応答速度が速く、信頼性、温度安定性がある

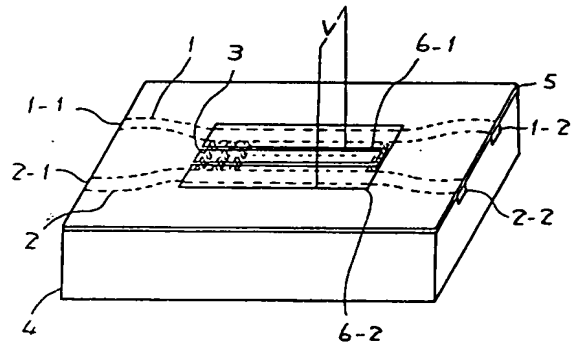
デバイスを得ることができる。さらに、本発明による波長フィルタは透過帯域幅を数入程度に狭帯域化でき、波長の設定精度も高いことから、コヒーレント通信用のフィルタとして非常に優れたものである。

#### 4. 図面の簡単な説明

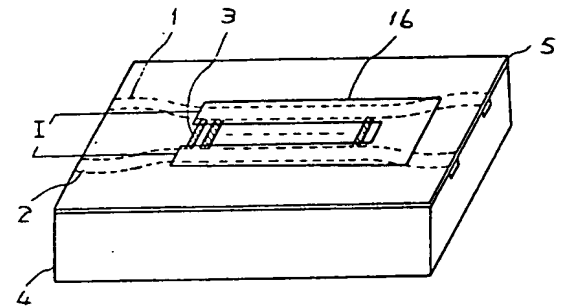
第1図は本発明による一実施例を示す斜視図、第2図は本発明の実施例の使用例を示す概念図、第3図及び第4図は本発明による他の実施例を示す斜視図、第5図は本発明の原理を示す概念図、第7図及び第8図は従来の光回路を示す概略図である。

1, 2 … 光導波路                      3 … グレーティング  
6-1, 6-2 … 電極                      4 … 基板

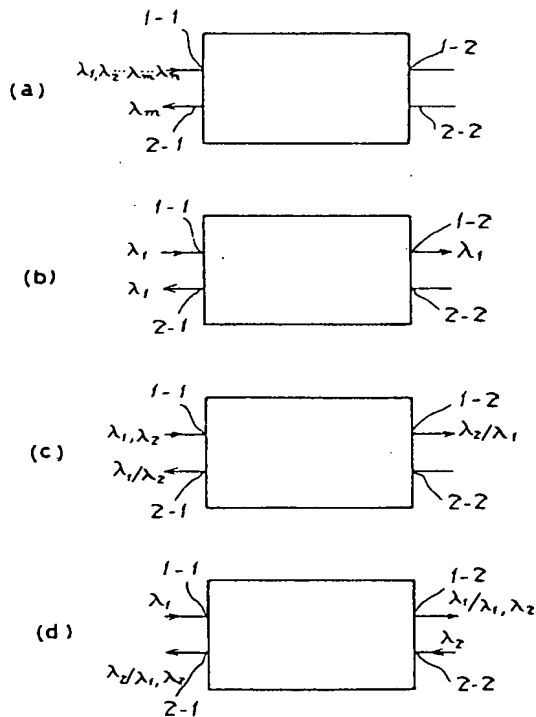
代理人 井理士 則 近 謙 佑  
同 竹 花 喜久男



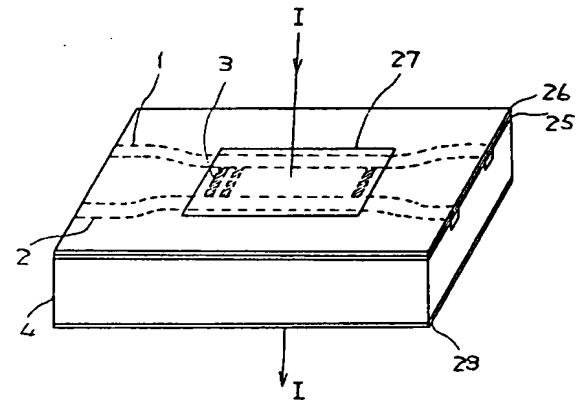
第1図



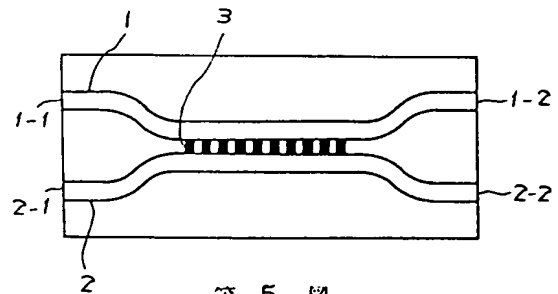
第3図



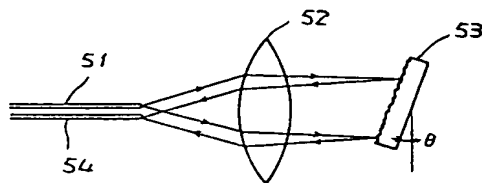
第2図



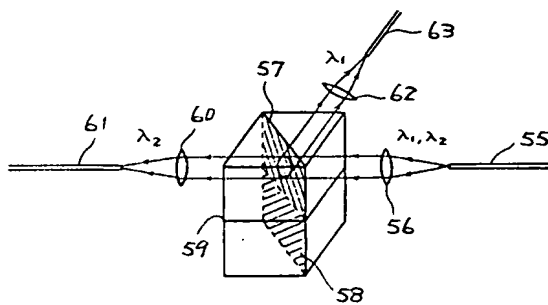
第4図



第5図



第 6 図



第 7 図